

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

TEMAM Roland

né le 10 octobre 1940 à Tunis

Interne au Centre Hospitalier de Mulhouse

Evaluation du Volume Cardiaque par Orthodiagraphie
au Moyen d'une Formule Géométrique simple

Président: Mr. J Stahl, Professeur

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

TEMAM Roland

né le 10 octobre 1940 à Tunis

Interne au Centre Hospitalier de Mulhouse

Evaluation du Volume Cardiaque par Orthodiagraphie
au Moyen d'une Formule Géométrique simple

Président : Mr. J Stahl, Professeur



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553609_0001

FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

Doyen	MM. CLAVERT Jean
Doyens honoraires	CALLOT Jacques
	FONTAINE René
Assesseur	CALLOT Jacques

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.

ARON Claude	Histologie
BASSET André	Clinique Dermatologique
BUCK Paul	Chirurgie infantile
CALLOT Jacques	Parasitologie & Pathologie tropicale
CHAMBRON Jacques	Physique Biologique
CHAUMONT André	Médecine Légale et Sociale
CLAVERT Jean	Embryologie et Morphologie expérimentale
FONTAINE René	Clinique Chirurgicale A
GANDAR Robert	Clinique Gynécologique et Obstétricale I
GREINER Georges	Clinique Oto-Rhino-Laryngologique
GROS Charles	Electro-Radiologie
JUNG Adolphe	Chaire de Pathologie et Clinique Séméiologique Chirurgicales
KAMMERER Théophile	Clinique Psychiatrique
KAYSER Charles	Physiologie
KLEIN Marc	Biologie Médicale
KORITKE Jean-Georges	Anatomie Normale
LE GAL Yvon	Anatomie Pathologique
MANDEL Paul	Chimie Biologique
METZ Bernard	Physiologie Appliquée
METZGER Henri	Thérapeutique
MINCK Raymond	Chaire de Bactériologie, Virologie et Immunologie Générale
MULLER Pierre	Clinique Gynécologique et Obstétricale 2
NORDMANN Jean	Clinique Ophtalmologique
OUDET Pierre	Pneumo-Phtisiologie
SACREZ Robert	Pédiatrie et Puériculture
SCHWARTZ Jean	Pharmacologie et Médecine expérimentale
STAHL Jules	Clinique Médicale B
STEPHAN Frédéric	Pathologie expérimentale
N...	Clinique Neurologie
VEDRINE Jean	Stomatologie
WAITZ Robert	Hématologie
WARTER Julien	Clinique Médicale A
WEISS Alfred	Clinique Chirurgicale B
N...	Hydrologie
N...	Hygiène

PROFESSEURS A TITRE PERSONNEL

MM.

BRONNER Albert	Clinique ophtalmologique
KARLI Pierre	Biologie Médicale
MARESCAUX Jean	Histologie
MARX Charles	Physiologie
MAYER Georges	Hématologie
ROHMER Francis	Clinique Neurologique
SEROR Joseph	Pathologie Chirurgicale
WINCKLER Georges	Anatomie
WITZ Jean-Paul	Clinique Chirurgicale B

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM.

BATZENSCHLAGER André	Anatomie Pathologique
BOLLACK Claude	Clinique Chirurgicale A
BURGHARD Guy	Pneumo-Phtisiologie
CHAMBON Pierre	Chimie Biologique
DORNER Marc	Clinique Médicale B
ISCH François	Clinique Neurologique
JAHN Henri	Clinique Médicale B
KIRN André	Hygiène
LAVILLAUREIX Jean	Bactériologie
MANTZ Jean-Marie	Clinique Médicale A
MARCOUX François	Médecine Légale

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM.

ADLOFF Michel	Clinique Chirurgicale B
APROSIO Norbert	Anatomie
ASCH Léopold	Clinique Médicale A
BLOCH Roger	Pharmacologie
BOCKEL René	Clinique Médicale B
BRINI Alfred	Clinique Ophtalmologique
EBTINGER René	Clinique Psychiatrique
FINCKER Louis	Clinique Médicale B
GAUTIER-LAFAYE Pierre	Département d'Anesthésiologie
GRENIER Jacques	Clinique Chirurgicale B
HERAN Jacques	Pathologie expérimentale
ISRAEL Lucien	Clinique Psychiatrique
JUIF Jean	Pédiatrie et Puériculture
KEILLING Roger	Electro-Radiologie
KELLER Bernard	Gynécologie et Obstétrique 2 (Maternité)
KEMPF François	Electro-Radiologie (Clinique Médicale A)
KEMPF Ivan	Pathologie Chirurgicale Centre de Traumatologie

KIENY René	Clinique Chirurgicale A
KREMER Michel	Parasitologie
LANG Gabriel	Hôpital Orthopédique Stéphanie
LEVY Jean-Marc	Pédiatrie et Puériculture
MALEVILLE Jean	Clinique Dermatologique
MAURER Charles	Clinique Médicale B
Mme MAYER Simone	Hématologie
PHILIPPE Emile	Anatomie Pathologique
ROEGEL Emile	Pneumo-Phtisiologie
ROHMER Albert	Institut de Puériculture
SACREZ André	Clinique Médicale A
SCHAFF Georges	Physiologie
SCHENEEGANS Ernest	Pédiatrie et Puériculture
SCHWINGT Eugène	Clinique Chirurgicale B
SIBILLY Abel	Clinique Chirurgicale A
VERGNES René	Physique Biologique
VINCENDON Guy	Chimie Biologique
VOEGTLIN Raymond	Clinique Médicale A
WACKENHEIM Auguste	Electro-Radiologie (Clinique Neurologique)
WALTER Jean-Pierre	Electro-Radiologie
WARTER Pierre	Electro-Radiologie (Clinique Chirurgicale A)
WEILL Jean-Pierre	Clinique Médicale A
WILLARD Daniel	Pédiatrie et Puériculture

PROFESSEUR ASSOCIE

M. PHILIPPIDES Demètre Clinique Neurologique

A G R E G E S

MM.

CHAMPY Maxime	Stomatologie
FRANCK Robert	Stomatologie
KLOTZ Gilbert	O.R.L.
MEHL Jacques	Médecine Légale

AGREGES LIBRES

MM.

BEYER Paul	MM.
FORSTER Emile	KUHLMANN Daniel
HOLLENDER Louis	KUNTZMANN Jean
	MULLER Jean-Nicolas

DIRECTEUR DE L'INSTITUT DENTAIRE

M. Le Professeur VEDRINE Jean

CHARGES D'UN COURS D'ENSEIGNEMENT COMPLEMENTAIRE

MM. MOISE, SINGER, TISSIER.

SECRETAIRE PRINCIPAL DE LA FACULTE DE MEDECINE

M. Gilbert KIEHL

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. ARON Max
BURGER Paul
BENOIT Jacques
ROEDERER Jean

MM. ROHMER Paul
SCHMITT Frédéric
THIODET Jean
VINTEMBERGER Pierre

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ni les approuver, ni les imrouver.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Etre suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser les crimes.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

A MES PARENTS

A qui je dois tout.

Que ce travail soit le témoignage
de toute ma gratitude et de ma
profonde affection.

A TOUTE MA FAMILLE

A MES AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur J. STAHL,
Directeur de la Clinique Médicale B
de la Faculté de Médecine de Strasbourg.

Qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la Présidence de cette
thèse.

Nous lui exprimons notre profond
respect et toute notre gratitude
pour l'enseignement qu'il nous a
prodigué au cours de nos études
médicales.

A MESSIEURS LES MEMBRES DU JURY

Monsieur le Professeur Agrégé L. FINCKER

Il nous a apporté son aide dans
l'élaboration de ce travail.
Nous avons apprécié la qualité de
son enseignement.
Qu'il veuille trouver ici, l'assurance
de notre reconnaissance et de notre
respect.

Monsieur le Professeur Agrégé M.DORNER

Monsieur le Professeur Agrégé Ch.MAURER

Ils nous ont accueilli courtoisement.
Nous les remercions de l'intérêt
qu'ils nous portent en nous faisant
l'honneur de juger notre travail.

A Monsieur le Docteur Paul MEYER

Nous lui devons l'idée de ce travail.

Il nous a constamment apporté son aide précieuse dans l'élaboration de cette thèse.

Nous avons admiré sa simplicité et son esprit critique.

Nous tenons à l'assurer de notre profonde estime et de notre immense gratitude.

A Monsieur le Docteur G. LAVAL

Médecin-chef du Service de Médecine A
du Centre Hospitalier de Mulhouse

C'est dans son service que nous
avons réuni la majorité des
éléments nécessaires à l'élaboration
de notre thèse.

Nous lui devons une grande part de
notre formation médicale et ses
vastes connaissances nous ont
imprégnées.

En remerciements et en hommage
à ses remarquables qualités
humaines, son dynamisme et à
l'atmosphère de sympathie qui
règne dans son service.

A Monsieur le Docteur L. HOLDERBACH

Chirurgien-chef du service de Chirurgie A
au Centre Hospitalier de Mulhouse.

Nous avons beaucoup bénéficié
de son enseignement au cours de
notre internat. Il fut un
maître apprécié.

Nous lui exprimons notre
reconnaissance et notre profond
respect.

A NOS MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

En remerciement de l'enseignement
précieux qu'ils nous ont prodigué.

EVALUATION DU VOLUME CARDIAQUE PAR
ORTHODIAGRAPHE
AU MOYEN D'UNE FORMULE GEOMETRIQUE SIMPLE

--oOo--

I N T R O D U C T I O N

CHAPITRE I

APERCU ET ANALYSE DES TRAVAUX ANTERIEURS

Les différentes techniques : les formules proposées

-

- 1/- Les premiers essais
- 2/- Les méthodes orthodiagraphiques
 - a)- Les travaux initiaux de ROHRER
 - b)- Les travaux de KAHLSTORF
- 3/- Détermination tomographique du volume du coeur
 - a)- Méthode de BROUSTET
 - b)- Méthode de FUCHS & BAYER
 - c)- Travaux de TAKAHASCHI
 - d)- Méthode de BUFFONI
- 4/- Reproduction homothétique du coeur

Solidographie : les travaux de PALMIERI
- 5/- La méthode téléradiographique
 - a)- Travaux de LILLJESTRAND & COLL.
 - b)- Travaux de JONSELL
 - c)- Travaux de LUDWIG
 - d)- Travaux de PANICHI & BONECHI
 - e)- Travaux de l'ecole Allemande
 - f)- Travaux de LIND
 - g)- Travaux de BROUSTET & FONTANILLE
 - h)- Travaux de PLAS & PALLARDY

CHAPITRE II

LIMITES ET CRITIQUES DE CES DIFFERENTES METHODES

- 1/- Méthode de ROHRER & KAHLSTORF
- 2/- Méthode tomographique
- 3/- Méthode Téléradiographique
 - a)- Position couchée, position debout
 - b)- Résultats et valeur de la méthode

CHAPITRE III

FORMULE GEOMETRIQUE SIMPLIFIEE BASEE SUR DES DONNEES ORTHODIAGRAPHIQUES

- 1/- Expression géométrique
- 2/- Détermination pratique
- 3/- Points particuliers
- 4/- Recherche de corrélation

CHAPITRE IV

RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE UTILISEE DEMONSTRATION DE SA VALEUR

- 1/- Etude statistique
 - a)- Sujets à coeur sain
 - b)- Sujets porteurs d'une cardiopathie
- 2/- Etude comparative de la méthode orthodiagraphique et téléradiographique
- 3/- Les résultats antérieurement publiés.
Etude comparative

CONCLUSIONS

I N T R O D U C T I O N

La connaissance des dimensions cardiaques constitue un élément important dans tout bilan cardio-vasculaire.

Aussi, les cliniciens se sont-ils intéressés à ce problème, dès l'introduction de la radiographie et ont-ils cherché à déterminer par cette technique les dimensions cardiaques.

Dès le début du siècle, de nombreux auteurs cherchèrent et proposèrent différentes solutions à ce problème. Cependant, malgré la multiplicité des méthodes tour à tour proposées, la détermination du volume cardiaque n'est pas encore devenue un procédé courant d'exploration clinique.

La carence sur ce point, des ouvrages didactiques en est le meilleur témoignage.

Le but de ce travail est d'exposer une technique simple de détermination du volume cardiaque, n'exigeant pas d'appareillage compliqué et permettant une utilisation clinique courante.

C H A P I T R E Ier

A P E R C U E T A N A L Y S E D E S T R A V A U X
A N T E R I E U R S

-

L E S D I F F E R E N T E S T E C H N I Q U E S
L E S F O R M U L E S P R O P O S E E S

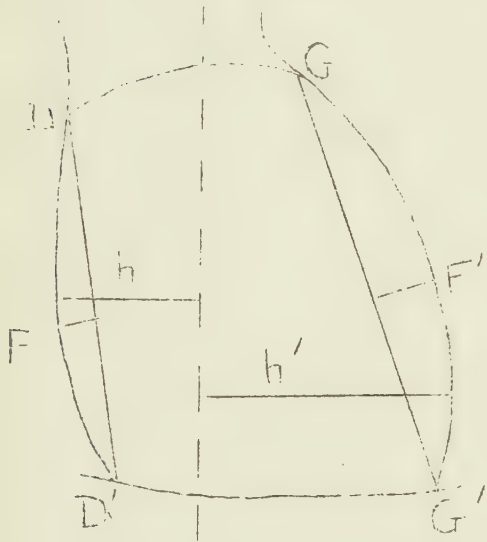
--oOo--

I .- L E S P R E M I E R S E S S A I S

Ils consistent en la détermination des dimensions cardiaques d'après la projection sur un seul plan. C'est la projection frontale qui fut utilisée la première et isolément. Les dimensions cardiaques étaient ainsi déterminées par la seule surface frontale du coeur par REYHER (1906). MORITZ & DIETLEN en Allemagne, VAQUEZ & BORDET en France, opéraient de la même manière.

L'ORTHODIAGRAMME FRONTAL : Technique de Bordet & Vaquez

BORDET & VAQUEZ désignent par les lettres D et D' les extrémités de l'arc délimitant l'oreillette droite et par les lettres G et G', l'arc délimitant le ventricule gauche.



Ainsi, l'étendue cardiaque était appréciée par deux diamètres principaux :

- Le diamètre longitudinal D G'
- Le diamètre transversal :
elui-ci étant la somme des distances qui séparent la ligne médio-sternale des points extrêmes de la silhouette cardiaque à droite et à gauche : h à droite et h' à gauche.

Le diamètre transversal est donc égal à $h + h'$. De plus les flèches F et F' servaient à apprécier le développement du coeur à droite et à gauche.

Cependant certains auteurs comme LUDWIG (1939) BUFFONI (1950) et BORDET & VAQUEZ, eux-mêmes, soulignent l'insuffisance du radiogramme frontal, et, le coeur étant un organe tridimensionné, la nécessité de faire intervenir à côté du plan frontal, le plan sagittal.

Ainsi, BORDET & VAQUEZ, affirmaient plus tard que seules les positions obliques, et en particulier la position oblique postérieure droite permettait de donner des renseignements précis sur le volume cardiaque et sur le développement respectif des différentes parties du coeur.

Le sujet était placé en oblique postérieure droite, et on le faisait pivoter de manière à éloigner progressivement l'épaule gauche; au cours de cette manoeuvre, l'ombre cardiaque va nécessairement se modifier et l'ombre de la pointe va disparaître derrière la colonne vertébrale.

A ce moment, l'angle que forme l'axe bicapsulaire du sujet avec le plan de l'écran, constitue "l'angle de disparition de la pointe", lequel est fonction du développement du coeur en profondeur; en connaître le degré c'était posséder d'après ses auteurs un élément capital dans l'appréciation du volume du coeur.

Cette même technique a été reprise et simplifiée en vue d'apprécier la profondeur du ventricule gauche : c'est la méthode de tangentes. Elle consiste à diriger tangentielllement à la pointe du coeur, d'abord un rayon perpendiculaire X Y, puis en déplaçant l'ampoule de 10 cm vers la gauche un rayon oblique X' Y' : l'écart Y Y' sur l'écran permettait alors de juger l'hypertrophie ventriculaire gauche.

En réalité, le plan sagittal n'était plus utilisé à l'époque que pour mieux cerner la silhouette cardiaque, l'oreillette gauche en particulier et non pour calculer des volumes.

2 .- L E S M E T H O D E S O R T H O D I A G R A P H I Q U E S

Ici encore, c'est MORITZ (1902) qui fait figure de précurseur en mesurant le volume du coeur par le produit de sa longueur, de sa largeur et de sa profondeur.

Mais ce furent ROHRER & KAHLSTORF qui firent la première méthode de détermination géométrique du volume du coeur.

a)- Les travaux initiaux de ROHRER (1906)

On peut exprimer le volume d'un corps par le produit de ses dimensions appelées Axes, à condition d'affecter ce produit par un coefficient K.

Cela revient à assimiler le corps étudié de forme plus ou moins irrégulière à un corps géométrique défini :

$$\text{Ainsi } V = K . F . t$$

F : Surface frontale calculée par planimétrie
t : Axe saggital du coeur

Pour calculer K, ROHRER admet que la forme du coeur est intermédiaire entre un paraboloïde (pyramide tronquée) et une sphère; K varie alors entre 0,59 et 0,67, soit : 0,63
ainsi le volume cardiaque est égal à

$$V = 0,63 , F . t$$

=====

b)- Travaux de KAHLSTORF (1934) -

La méthode initiale de ROHRER a été confirmée par KAHLSTORF. Seule diffère la détermination de K. Pour KAHLSTORF, le coeur est un intermédiaire entre un paraboloïde et un élipsoïde :

K varie alors entre 0,59 et 0,67 soit : 0,63

$$V = 0,63 \cdot F \cdot t$$

=====

Cette formule identique à la précédente prit alors le nom de formule de ROHRER & KAHLSTORF.

Nous reviendrons plus tard sur cette méthode géométrique pour en faire la critique, et sur la valeur qu'il faut accorder à la précision de ces résultats.

3 .- D E T E R M I N A T I O N T O M O G R A P H I Q U E D U V O L U M E D U C O E U R

Il est bien évident que si l'on divise un objet contenu entre deux plans A et B, en une série de tranches de même épaisseur, et si l'on peut mesurer le volume de chaque tranche, on obtiendra facilement le volume total.-

Tel est le principe de la méthode tomographique née des recherches de WATSON et de VALLEBONA.

Quatre écoles se sont attachées à ce problème :

a)- Méthode de BROUSTET (1951)

Il s'agit de tomographiesaxiales. Dix ou douze coupes tomographiques suivant un axe vertical et distantes de 1 cm sont nécessaires.

Sur chacune de ces coupes, il suffit de décalquer l'ombre cardiaque et de déterminer sa surface par planimétrie. Le volume cardiaque est alors égal à la somme des volumes des cylindres de surface S et de hauteur $d = 1 \text{ cm}$ affectée d'un coefficient d'aggrandissement A.

$$V = A. S. d$$

=====

b)- Méthode de FUCHS et BAYER (1953)

Il s'agit de tomographies frontales. Ces auteurs ont en effet étudié une technique comportant cinq coupes tomographiques équidistantes.

Le volume de chaque tranche est calculé par une méthode d'interpolation.

c) et d) TAKAHASCHI au Japon et BUFFONI
en Italie ont également étudié
la détermination tomographique du volume du coeur.

Toutefois, et bien que rarement
utilisée, il est certain, qu'actuellement seule la
technique de BROUSTET soit communément admise, et utili-
sée comme nous le verrons, comme une excellente méthode
de référence.-

4 .- R E P R O D U C T I O N H O M O T H E T I Q U E D U C O E U R : S O L I D O G R A P H I E

Le principe de la méthode est simple. Une téléradiographie est pratiquée sous une incidence donnée. A l'aide d'un fil fixé en un point homologue du foyer de Rx, on suit les contours de l'ombre cardiaque. Ce fil va découper un bloc de pâte molle. On obtient ainsi une silhouette cardiaque homologue à celle du sujet examiné.

Il suffit alors de multiplier les incidences pour établir par le même procédé une véritable cardiosculpture, dont le volume est directement appréciable par immersion.

R E M A R Q U E

L'immersion fut aussi un procédé, en fait le plus ancien, de détermination du volume cardiaque réel. Il résulte des recherches purement anatomiques ayant précédé l'ère de la radiologie.

Le procédé en est simple et évident : le coeur est plongé dans un cristalliseur gradué contenant une certaine quantité de liquide. Le niveau liquidien va ainsi s'élever et on lit directement le volume du coeur qui correspond au volume de liquide déplacé.

Cependant, selon certains auteurs, les résultats ainsi obtenus sont difficilement utilisables. Il suffit en effet, d'avoir vu un coeur frais isolé, se déformer sur la table de dissection pour comprendre combien peut être modifié son volume par rapport à ce qu'il est in vivo.

Différents obstacles ont donc gêné tous ceux qui ont voulu comparer le volume cardiaque mesuré radiologiquement du vivant du sujet, et le résultat anatomique.

On peut cependant, au moyen de quelques artifices et notamment par une injection intracardiaque de paraffine dès le prélèvement, approcher d'assez près le volume cardiaque réel. (LIND)

D'ailleurs, BROUSTET a pû, en mesurant le volume cardiaque radiologiquement sur le cadavre démontrer son exactitude par immersion.

Il en est de même pour FRIEDMANN, qui confronte 45 mesures de volume cardiaque déterminées radiologiquement et post-mortem par immersion, et qui trouve des résultats parfaitement superposables.

5 .- LA M E T H O D E T E L E R A D I O G R A P H I Q U E

Elle fut mise au point par l'école Suédoise de LILJESTRAND, LYSHOLM, NYLIN et ZACCHRISSON; Elle fut ensuite reprise par KJELLBERG, LIND, PANICHI et BONECHI dont les techniques très voisines établissent rationnellement une méthode de mesure du volume cardiaque.

a)- Travaux de LILJESTRAND & COLL.(1939)

Ces auteurs reprennent la formule de ROHRER et KAHLSTORF :

$$V = K . F . s$$

ou : K : coeff.dépendant de la forme du coeur : 0,63
 F : Surface frontale du coeur calculée par
 planimétrie
 s : diamètre saggital

et amènent une amélioration importante à ce procédé initial.

En effet, l'originalité de leur nouvelle méthode consiste dans la détermination des diamètres longitudinal, basal et saggital. Ces diamètres ne sont plus mesurés par orthodiagraphie, mais sur téléradiographies :

- une téléradiographie de face pour la mesure de la surface frontale
- une téléradiographie de profil pour la mesure du diamètre saggital

En effet, la distance séparant ainsi la source de la plaque et qui est de :

- 1,80 m pour le cliché de face
- 1,50 m pour le cliché de profil

a pour but d'atténuer la déformation conique et l'aggrandissement variable de l'image cardiaque du fait d'une divergence plus ou moins forte des rayons.

Néanmoins, cette divergence n'étant tout de même pas nulle, il convient d'affecter la formule proposée pour le calcul du volume cardiaque d'un coefficient d'aggrandissement A. Celui-ci est calculé par la formule de BLASIUS (1938).

$$A = \frac{(L - S)^2}{L^2} \cdot \frac{(D - F)}{D}$$

L : distance source-film dans le plan frontal : 1,80 m

D : distance source-film dans le plan saggital: 1,50 m

S : distance coeur-film dans le plan saggital

F : distance coeur-film dans le plan frontal

dans les conditions de technique de LILJESTRAND :

$$A = 0,75$$

Le deuxième point particulier soutenu par LILJESTRAND et Coll. est l'assimilation du coeur à un ellipsoïde, et non plus au corps géométrique intermédiaire entre l'ellipsoïde et de la parabololoïde (KAHLSTORF).

Ainsi K est égal à 0,67 et non plus à 0,63

La formule du volume cardiaque devient :

$$V = 0,67 \cdot 0,75 \cdot F \cdot s$$

=====

(F est toujours calculé par planimétrie)

b)- Travaux de JONSELL

La même année JONSELL simplifie encore la méthode. Il assimile la surface de projection frontale du coeur à la surface d'une ellipse donnée par la formule :

$$S = \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2}$$



l : diamètre longitudinal du
coeur, soit D G' de l'
orthodiagramme

b : diamètre basal du coeur
soit D'G de l'orthodia-
gramme.

Cette hypothèse déjà évoquée par
VAN ZWALUWENBURG et WAREN en 1911; est vérifiée par
JONSELL sur un nombre considérable de volumescardiaques
calculés en comparant la surface planimétrique à la
surface trouvée par la formule de l'ellipse. L'erreur
dûe à cette assimilation sera chiffrée en 1942 par
UNGERLEIDER et GUBNER à moins de 3%.

La formule de LILJESTRAND devient de ce
fait :

$$V = 0,67 \cdot 0,75 \cdot \frac{\sqrt{l \cdot b}}{4} \cdot s \quad \text{ou}$$

$$V = 0,39 \cdot l \cdot b \cdot s$$

=====

Cependant, tirant ses conclusions
techniques de son expérimentation portant sur plus de
4.000 volumes cardiaques déterminés entre 1932 et 1939,
JONSELL simplifie encore les données de LILJESTRAND :
les téléradiographies sont prises à une distance source-
film de 1,50 m pour le cliché de face comme pour le cliché
de profil. Dans ces nouvelles considérations d'aggrandis-
sement le volume cardiaque est égal à :

$$V = 0,42 \cdot l \cdot b \cdot s$$

=====

c)- Travaux de LUDWIG

Toujours en utilisant la téléradiographie, LUDWIG assimile la surface frontale du coeur non plus à une ellipse, mais à un rectangle dont les côtés seraient l et b, et le volume devient :

$$V = 0,47 \cdot l \cdot b \cdot s$$

=====

d)- Travaux de PANICHI et BONECHI (1958 - 59)

Nous ne faisons que citer cette technique de détermination du volume cardiaque qui ne diffère de la précédente que par la mesure du diamètre longitudinal l.

En effet, le coeur n'étant pas dans un plan parallèle au plan frontal mais dans un plan oblique, le diamètre l doit être déterminé par une construction géométrique spéciale.

e)- Travaux de KLEIPZIG & FRISCH, MUSHOFF & REINDELL

Estimant que le volume du coeur sur le sujet debout varie de façon imprévisible avec le pouls et le rythme, les auteurs allemands pratiquent leurs mesures sur le sujet couché.

Selon eux, le coeur (se vidant en position debout) est ainsi plus volumineux et ses dimensions plus stables. (Nous reviendrons pour les discuter sur ces nouvelles considérations).

De plus les téléradiographies se feront sur une distance de 2 mètres pour le cliché de face comme pour le cliché de profil. La formule devient :

$$V = 0,40 l \cdot b \cdot s$$

=====

f)- Travaux de LIND (1950)

LIND utilise aussi la formule de ROHRER et KAHLSTORF et procède de la même manière que les auteurs suédois.

Cependant, il considère le coeur comme intermédiaire entre la sphère et l'ellipsoïde, et le coefficient $K = 0,63$

$$V = 0,37 \, l \cdot b \cdot s$$

=====

g)- Travaux de BROUSTET & FONTANILLE (1960) -

Ces auteurs, après avoir comparé les résultats obtenus par téléradiographie et tomographie, confirment la valeur de la méthode téléradiographique avec néanmoins une préférence pour la formule de LILJESTRAND.

Cependant pour BROUSTET & FONTANILLE, si cette technique est parfaitement valable pour les coeurs normaux, elle ne saurait s'appliquer dans tous les cas de coeurs pathologiques dont la morphologie est irrégulière et s'écarte de la sphère et de l'ellipsoïde; dans ce cas seule la méthode tomographique reste précise.

C'est alors que BROUSTET & FONTANILLE ont recherché et démontré qu'il existe une corrélation stricte entre le volume tomographique et les trois diamètres l, b, s .

Cette corrélation permet l'emploi d'un coefficient de correction fixe quel que soit le développement et la morphologie du coeur : ce coefficient est de 0,40.

$$v = 0,40 \, l \cdot b \cdot s$$

=====

Ils utilisent pour K, la valeur de 0,67 les téléradiographies étant prises à une distance de 1,80 m et 1,50 m.

Le calcul du volume cardiaque a de plus, été simplifié par la construction d'une abaque.

h)- Travaux de PLAS ET PALLARDY (1963)

S'interessant à la médecine sportive et notamment aux variations de volume du coeur au repos et à l'effort, ces auteurs utilisent la formule de BROUSTET :

$$V = 0,40 \quad l \quad . \quad b \quad . \quad s$$

mais la mesure des diamètres l, b, s se fait d'une manière plus rigoureuse. En effet :

- d'une part les deux téléradiographies de face et de profil sont enregistrées simultanément à un même moment de la révolution cardiaque (l'appareil étant déclenché par un sélecteur commandé par un électrocardiographe).
- d'autre part, les distances sont différentes :
 - 3,50 m pour le cliché de face
 - 2,50 m pour le cliché de profil

Cependant, cette méthode, si elle a un gros intérêt dans l'étude des réactions du coeur à l'effort, notamment par l'étude de la différence volumétrique du coeur en systole, et en diastole, ne présente guère d'avantages dans la mesure du volume cardiaque à l'état statique.

En effet, la différence volumétrique est très faible et, reste nettement en dessous de 10% . Il est évident qu'en matière d'appréciation clinique il ne peut être tenu compte d'approximation aussi fine .

De plus, il faut remarquer que l'emploi du coefficient 0,40 dans le calcul du volume du coeur est erroné.

En effet, comme les distances choisies sont de 3,50 m et 2,50 m, le coefficient d'aggrandissement varie : il n'est plus égal à 0,75 mais à 0,86, et de ce fait la formule du volume cardiaque, dans ces conditions de mesure, est :

$$V = 0,44 \text{ l} \cdot b \cdot s$$

=====

C H A P I T R E 2ème

L I M I T E & C R I T I Q U E D E C E S
D I F F E R E N T E S
M E T H O D E S

-

Il est inutile de revenir sur l'appréciation des dimensions cardiaques par la détermination de quelques uns de ses diamètres (BORDET & VAQUEZ), bien qu'encore de nos jours, de nombreux cardiologues continuent à utiliser l'orthodiagramme frontal.

Il en est de même pour le rapport cardiothoracique qui conserve encore chez certains praticiens une faveur injustifiée.

GROEDEL en 1921 le définit comme le rapport entre la largeur interne des poumons au niveau de la coupole diaphragmatique droite et le diamètre transverse du coeur. Ce rapport s'établit normalement en moyenne à 0,50 (UNGERLEIDER & CLARK).

Pour notre part, nous considérons qu'il est bien plus commode d'utiliser le rapport inverse c'est à dire thoraco-cardiaque : celui-ci oscille normalement entre 2 et 2,2.

Ainsi ce rapport diminue lorsque le volume cardiaque augmente et vice et versa. Cependant de nombreuses causes d'erreurs peuvent altérer la valeur de ce rapport. Les causes pour la plupart font intervenir des facteurs extra-cardiaques dont le plus important est le diamètre variable de la cage thoracique.

De toute manière, ce procédé fort simple ne permet qu'une appréciation et non une mesure du volume cardiaque; il ne paraît pas qu'il doive être retenu même à titre de simple élément de présomption. Quant aux essais de stéréométrie et de stéréo-orthodiagraphie (THEIL & MALVOISIER), s'ils ont peut-être permis de mieux apprécier une hypertrophie ou

une déformation, ils ne sont jamais arrivés à une appréciation volumétrique.

D'ailleurs ces procédés ont été rapidement abandonnés, leurs incertitudes ayant été reconnues par leurs propres auteurs.

Certes plus ingénieuse apparaît la méthode de solidographie de PALMIERI; cependant cette technique originale se heurte à des difficultés pratiques de réalisation qui en font un procédé artisanal qu'il n'est guère possible d'appliquer sur une grande échelle.

Il est vrai que nous disposons aujourd'hui de l'angiocardographie sélective. Cependant cette méthode donne surtout des renseignements sur les différents compartiments du coeur, et la technique est trop compliquée pour être utilisée couramment.

Plus intéressantes à étudier sont les méthodes géométriques et tomographiques.

I/- LA METHODE DE ROHRER & KAHLSTORF -

Ils furent les premiers à impliquer une hypothèse sur la forme du coeur.

Il faut remarquer cependant que pour ces deux auteurs, l'assimilation du coeur à un corps géométrique est obtenue grâce à la constante K.

Mais la surface frontale F est mesurée par planimétrie et non pas à l'aide d'une formule mathématique telle que la surface de l'ellipse.

Ces deux auteurs n'ont donc pas complètement assimilé le volume cardiaque à un volume

géométrique et sont restés à mi-chemin de leur hypothèse.

2/- LA METHODE TOMOGRAPHIQUE -

Nous n'envisagerons ici que les tomographies axiales, car en ce qui concerne les tomographies frontales, si les résultats obtenus par cette méthode sont superposables à la coupe axiale pour les coeurs de morphologie normale ou subnormale, il s'avère que cette méthode est insuffisante pour les coeurs très modifiés.

D'autre part, la délimitation des plans antérieur et postérieur est très imprécise.

Quant à la méthode des tomographies axiales (BROUSTET) on peut dire qu'elle permet d'apprécier exactement le volume cardiaque in vivo.

En effet, les recherches anatomo-cliniques par le procédé de l'immersion permettent de confirmer la rigueur du procédé tomographique, l'erreur ne dépassant pas 6%.

Pourquoi donc la méthode tomographique qui a fait ses preuves, qui a été employée et validée par bon nombre d'auteurs, n'est-elle pas entrée dans la pratique ?

En fait, cette méthode, simple sur le plan des principes n'est pas exempte de critiques en utilisation courante.

Du point de vue technique tout d'abord, il s'agit d'une méthode expérimentale, délicate, nécessitant une mise au point précise donc sujette à des erreurs.

De plus l'utilisation d'un appareillage coûteux, les multiples clichés nécessaires, la longue détermination par planimétrie des surfaces de chaque coupe, conduisent à un prix de revient prohibitif interdisant son application pratique.

Enfin l'obligation pour le malade de rester assis immobile malgré la giration qui lui est imposée, la longueur de l'examen le rendent difficilement tolérable en particulier aux cardiaques avancés, dyspéïques et douloureux.

En définitive, si la méthode tomographique est précise et théoriquement séduisante, toutes les difficultés précédemment énoncées en font un procédé de référence valable, uniquement utilisé à titre comparatif.

3/- LA METHODE TELERADIOGRAPHIE -

Si dans l'ensemble, et malgré quelques variantes, le calcul du volume cardiaque par la méthode téléradiographique, obéit quelle que soit la formule utilisée au même principe, la mesure des dimensions cardiaques en position couchée telle qu'elle est utilisée par les auteurs allemands nous paraît être importante à discuter. En effet, l'extrême discordance des résultats obtenus nécessite une mise au point.

a)- Etude critique des positions "couchée et debout" -

Alors que la plupart des Ecoles, et en particulier les Ecoles Suédoises et Françaises pratiquent les clichés en position debout, les Auteurs allemands établissent leurs mesures en position couchée.

Pour KLEIPSIG & FRISCH la position optima est le décubitus ventral car il assure un meilleur remplissage diastolique, le coeur étant alors à son niveau le plus bas par rapport au reste du corps.

LIND & MUSHOFF, quant à eux préfèrent le décubitus dorsal, considérant que dans ce cas le volume cardiaque est le plus proche de la réalité.

En effet, au cours du décubitus ventral, l'écrasement de la paroi antérieure du thorax va provoquer un étalement du coeur.

Nous avons vérifié ces affirmations en pratiquant chez un même sujet des téléradiographies en décubitus ventral puis dorsal

	Diamètre longitudinal	Diamètre basal
DECUBITUS DORSAL	I4 cm	II cm
DECUBITUS VENTRAL	I5 cm	I2 cm

La différence est donc appréciable. Cependant, elle est évidemment variable selon les sujets, plusieurs facteurs intervenant, le plus important étant la rigidité propre de la cage thoracique.

En fait les auteurs allemands après avoir pratiqué plusieurs séries de mesures, considèrent que les résultats obtenus en décubitus ventral

ne diffère que de 3 à 3,9 % par rapport à la position dorsale, ce qui est négligeable.

Par contre la différence de volume calculée en position couchée et debout est bien plus importante.

KLEIPZIG & FRISCH calculent chez un même sujet le volume téléradiographique en position debout puis en décubitus et trouvent 580 cc, en position debout et 800 cc, en position couchée, soit un écart de 27,5 %.

D'autres auteurs ont également confirmé cet important écart. Nous avons nous-même pratiqué des mesures comparatives en position couchée et debout en trouvant des différences de volumes allant jusqu'à 40 %.

Quoiqu'il en soit, les Auteurs allemands continuent de pratiquer leurs mesures en position couchée, considérant que seul le décubitus donnerait des résultats plus conformes à la réalité et des dimensions plus stables que la position debout.

Les Auteurs suédois et français avec NYLIN & BROUSTET rejettent les considérations des auteurs allemands et n'admettent comme valable que la position debout, le calcul du volume du coeur dans ces conditions, correspondant au volume réel.

En réalité, en position couchée, le coeur s'étale notablement par suite d'une élévation du diaphragme, de même qu'un remplissage diastolique exagéré augmente de façon anormale le volume du coeur.

Néanmoins, il existe quelques cas où la

position couchée est préférable pour la détermination du volume cardiaque.

Ces cas sont réalisés de façon permanente dans l'asthénie neuro-circulatoire vraie ou l'on sait qu'il existe un défaut de remplissage en position debout.

Ce phénomène existe aussi mais de façon passagère au cours de certains états post-infectieux, ou chez certains sujets obligés d'être alités durant deux ou trois mois pour une cause chirurgicale, par exemple.

Chez ces sujets, il se produit une déficience de la circulation de retour qui entraîne un remplissage difficile du coeur avec diminution de la tension artérielle et surtout de la tension artérielle différentielle. Mais comme nous l'avons dit plus haut, cette asthénie neuro-circulatoire est passagère, elle est rapidement corrigée par la suite.

D'autre part, si le volume cardiaque est variable en position couchée et debout chez le sujet normal, ce changement de volume ne se produit pas chez le sujet à coeur hypertrophié, massif et rigide, donc non déformable avec la position.

Nous avons dans notre statistique relevé un cas de ce genre; il s'agit d'un malade présentant une hypertrophie concentrique et chez qui le volume cardiaque calculé en décubitus était rigoureusement identique à celui calculé en position debout.

Mis à part les quelques exceptions énoncées plus haut, nous avons pratiqué toutes nos

mesures en position debout considérant celles-ci comme seules valables.

b)- Résultats et valeur de la méthode
téléradiographique -

Les résultats sont habituellement inférieurs au volume tomographique utilisé comme volume de référence; cet écart étant chiffré par FONTANILLE en moyenne à 8,23 %.

Cet écart est peut être dû au fait que le volume tomographique est calculé chez des sujets assis tandis que pour les téléradiographies les sujets sont debout.

D'autre part, si différents auteurs comme BROUSTET & FONTANILLE, par exemple, en font une méthode très valable sur le plan pratique et sur le plan précision des résultats obtenus, il n'en demeure pas moins vrai qu'il existe dans quelques cas une nette discordance entre la méthode tomographique et téléradiographique.

/ De plus dans certains cas particuliers, le coefficient d'agrandissement est variable selon le sujet. En effet, chez les individus à gros thorax ou chez les enfants, l'épaisseur du thorax faisant varier la distance coeur-film, ce coefficient d'agrandissement doit être recalculé.

Cependant dans la grande majorité des cas, la téléradiographie demeure une excellente méthode de détermination du volume cardiaque. La valeur de cette méthode s'appuie sur un certain

nombre de travaux anatomo-clinique.

KAHLSTORF calcule le volume radiologique de coeurs isolés et le compare ' avec le volume par déplacement d'eau.- L'erreur est de 5 %.

Dans son important mémoire, LIND rappelle les vérifications de STRADQUIST, de BOLLINI (établissement d'un modèle cardiaque selon PALMIERI et comparaison de son volume par immersion avec celui obtenu par la formule de ROHRER & KAHLSTORF), celles de LEHKMUHL (détermination radiologique du volume du coeur de cinq cadavres et comparaison après autopsie), celles d'AXEN et LIND, également sur cinq cadavres.

Dans chaque cas, l'erreur fut inférieure à 15%.

LIND apporte lui-même 32 nouvelles vérifications par comparaison entre le volume radiologique et le volume par déplacement d'eau du coeur isolé peu après la mort et injecté de paraffine. Il trouve toujours un rapport étroit entre les résultats théoriques et les résultats directs.

FRIEDMANN enfin, a comparé les valeurs du volume cardiaque radiologique et du volume anatomique dans 45 cas : 37 cas avaient des volumes voisins et 8 cas des volumes supérieurs allant de 12% à 20%.

En définitive l'erreur de la méthode chiffrée à 15% par ses promoteurs semble être plus faible encore si on en croit FRIEDMANN (10% environ) et surtout LIND (3% environ).

En ce qui nous concerne, nous accordons la préférence à la formule donnée par BROUSTET & FONTANILLE, soit $V = 0,40 \text{ l} \cdot \text{b} \cdot \text{s}$ car ses résultats se rapprochent le plus du volume tomographique utilisé comme référence (Etude de FONTANILLE).

Et comme nous le verrons plus loin, c'est à l'appui de cette formule utilisée comme référence que sera en partie basée la validité de la méthode que nous exposons.

CHAPITRE III

FORMULE GEOMETRIQUE SIMPLIFIEE

BASEE SUR DES DONNEES

ORTHODIAGRAPHIQUES

-

A la suite de cette longue énumération, nous sommes étonnés de constater que malgré la multiplicité des méthodes proposées, la mesure du volume cardiaque ne soit ni entrée dans la pratique clinique courante, ni même souvent mentionnée dans la plupart des ouvrages didactiques.

Le discrédit dans lequel est tombé la détermination du volume cardiaque s'explique par le fait qu'aucun procédé n'était jusqu'alors suffisamment simple, pratique, et à la fois précis pour être utilisé par des praticiens.

La formule que nous exposons nous semble répondre à ces légitimes exigences.

1°/- EXPRESSION GEOMETRIQUE -

Voici comment nous avons établi notre formule :

Il s'agit d'une formule dérivée de celle de ROHRER et KAHLSTORF et développée par les auteurs suédois.

Elle utilise des données orthodiagraphiques :

$$V = K . F . s$$

K : constante dépendante de la forme du coeur

F : Surface frontale du coeur

s : Diamètre sagital du coeur

Cette formule nécessitant le calcul de la surface frontale par planimétrie paraît bien compliqué pour l'usage courant.

Ainsi comme JONSELL, nous avons assimilé la surface frontale du coeur à une ellipse :

$$F = \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2}$$

1 : diamètre longitudinal

b : diamètre basal

En ce qui concerne K, nous avons admis le chiffre donné par ROHRER soit 0,63, en admettant donc pour le coeur, un corps intermédiaire entre la spère et le parabolôïde.

pour la spère : K = 0,59

pour le parabolôïde : K = 0,67

soit en moyenne K = 0,63
=====

Ainsi le volume cardiaque s'exprime par :

$$V = 0,63 \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot s$$

ou

$$V = 0,63 \frac{\pi}{4} 1 \cdot b \cdot s$$

ou

$$V = 0,49 1 \cdot b \cdot s \quad \text{en simplifiant}$$

$$V = 0,50 1 \cdot b ; s \quad \text{ou}$$

$$V = \frac{1 \cdot b \cdot s}{2}$$

2°/- DETERMINATION PRATIQUE DU VOLUME CARDIAQUE PAR LA METHODE ORTHODIAGRAPHIQUE

Pour obtenir les données orthodiagraphiques nécessaires à cette formule, il faut disposer d'un appareil muni d'un tube mobile alors que l'écran reste fixe.

a)- Mesure des diamètres longitudinal et basal

Le sujet étant debout, bien immobile, la face antérieure du thorax collée à l'écran, on utilise un faisceau de rayons perpendiculaires à l'écran.

Pour ceci il faut diaphragmer fortement et de la main gauche sur le porte ampoule on repère les contours de l'ombre cardiaque.

L'inscription se fait directement sur la glace au plomb; en effet la main droite munie d'un crayon gras repère les extrémités des diamètres longitudinal et basal qu'il suffit ensuite de mesurer.

b)- Mesure du diamètre sagital

Le sujet est mis de profil, le profil gauche contre l'écran.

Afin de bien dégager l'ombre cardiaque, le bras droit est élevé en avant, tandis que le bras gauche est légèrement placé en arrière.

De plus, la pointe du coeur étant dirigée vers la ligne axillaire antérieure, le sujet est légèrement tourné vers la droite.

On prend ainsi la mesure du diamètre sagital

en opérant comme précédemment.

Avec quelque habitude, les causes d'erreurs ne dépassent guère 2 à 3 millimètres; et l'opération se déroule en 1 à 2 minutes.

REMARQUES :

Il faut toujours au cours des mesures, utiliser les diamètres les plus longs et, il est conseillé autant que possible de prendre les mensurations au cours de la diastole.

Cependant, en ce qui concerne cette dernière recommandation, il ne semble pas qu'elle ait une grande importance. Si les variations systoliques ne sont pas nulles, elles ne sont certainement pas très étendues. Recemment PLAS & PALLARDY ont pu utiliser une technique perfectionnée permettant d'enregistrer simultanément des téléradiographies recueillies en plan frontal et sagital et de déterminer ainsi le volume cardiaque aux différents temps de la révolution cardiaque. L'appareil est déclenché par un électrocardiographe. Il constate que le volume maxima se situe lors de l'apparition de l'onde P, et ce, jusqu'à la fin de l'onde R, pour diminuer progressivement jusqu'à la fin de l'onde T.

Cette différence volumétrique entre ces deux extrêmes est très faible, et n'a d'intérêt que dans l'étude des réactions du coeur à l'effort.

On peut d'ailleurs considérer que le volume éjecté durant la systole ventriculaire est compensé par le remplissage simultané des oreillettes.

Néanmoins en pratique, surtout en ce qui concerne la détermination du diamètre transverse la prise des mesures en diastole est importante du fait

de la grande mobilité du bord postérieur du coeur.

3°/- POINTS PARTICULIERS -

a)- Chez l'obèse

Le coeur s'enfonce dans le diaphragme, et il est alors difficile de repérer le bord inférieur du coeur.

On demande alors au sujet de faire une demi inspiration; ainsi le diaphragme s'abaisse et dégage le bord inférieur du coeur. Toutefois, il faut se garder de faire exécuter au sujet une inspiration profonde et prolongée, dans ce cas on pratique alors une manoeuvre de Valsalva qui, en réduisant le volume cardiaque fausserait son estimation exacte.

D'autre part, l'obésité va entraîner une augmentation apparente du volume du coeur. En effet la couche graisseuse épocardique est augmentée parfois d'un centimètre, voire de deux centimètres d'épaisseur.

Quoiqu'il en soit, on peut aisément repérer en radioscopie une frange graisseuse para-apexienne. Au premier regard, elle simule une pointe dilatée, mais à l'examen attentif en légère inspiration notamment, elle se dissocie de la véritable ombre apexienne plus interne et plus dense, par un triangle externe moins opaque.

b)- Chez la femme

La principale difficulté est due au cours de la mesure du diamètre sagittal, à l'ombre des seins.

Il suffit alors de bien repérer le sternum, et le rebord vertébral antérieur.

c)- Cas des sujets présentant une stase pulmonaire

Une autre difficulté consiste dans la détermination du diamètre sagittal chez les sujets présentant un encombrement broncho-pulmonaire.

En effet, l'assombrissement pulmonaire et médiastinal peut rendre difficile à préciser le diamètre sagittal.

Il en est de même pour tous les cas particuliers ou il existe une opacification pulmonaire, pleurale ou médiastinale.

d)- Cas des mitraux

Dans ces cas, les diamètres l, b, s sont pratiquement égaux; le coeur étant alors comparable à une sphère, il faut utiliser pour K, la valeur 0,59 et non 0,63, et la formule devient :

$$V = 0,46 \text{ l} \cdot b \cdot s$$

=====

e)- Coeurs aortiques

Le diamètre basal est ici beaucoup plus court que le diamètre longitudinal, et le coeur ressemble d'avantage à une ellipsoïde. Il convient d'utiliser pour K, la valeur de 0,67 et non 0,63. La formule devient

$$V = 0,52 \text{ l} \cdot b \cdot s$$

=====

4°/- RECHERCHE DE CORRELATIONS -

Les mesures de volume cardiaque que nous avons effectué chez nos sujets à coeurs sains varient entre 340 et 700 cc. Ces écarts sont fonction du sexe et de la constitution générale des sujets.

Il est donc nécessaire de rapporter le volume cardiaque à quelque paramètre exprimant ces caractères individuels et lui conférant une valeur fixe.

GROEDEL (1921), fut un des premiers à établir un rapport, le rapport cardio-thoracique qui conserve encore une faveur injustifiée.

Nous avons expliqué dans un chapitre précédent pourquoi ce rapport n'est qu'une très insuffisante, et souvent trompeuse corrélation.

BORDET & GIROUD (1924) recherchèrent un rapport entre le volume du coeur et sa projection frontale.

Beaucoup d'autres corrélations ont été proposées. Il est hors de notre propos de les étudier en détail.

Signalons toutefois les corrélations avec le volume sanguin, la consommation d'oxygène la capacité électrique du corps, le débit cardiaque et le poids.

Ces valeurs dont le calcul est d'ailleurs compliqué ne sauraient constituer une technique générale valable, en particulier en cas de stase et d'imparfaite hématose etc...etc...

Aussi nous a-t-il paru logique, en accord avec la majorité des auteurs de relier le volume cardiaque à la surface corporelle (calculée par la table de Dubois), et de calculer comme valeur fixe le volume cardiaque par mètre carré de surface corporelle : c'est L'INDEX CARDIAQUE.

Cette excellente corrélation fut découverte par LYSHOLM & COLL. en 1934. Elle permet des comparaisons entre des individus différents et la détermination d'une valeur au delà de laquelle le volume cardiaque rapporté au mètre carré de surface corporelle devient pathologique.

C H A P I T R E I V

R E S U L T A T S C B T E N U S P A R L A M E T H O D E
U T I L I S E E

C O N F I R M A T I O N D E S A V A L E U R

--oOo--

I°/- ETUDE STATISTIQUE -

Notre étude porte sur 168 sujets appartenant :

- à la clinique med. B du Professeur STAHL au Centre Hospitalier de Strasbourg
- au service de med. A du Docteur LAVAL au Centre Hospitalier de Mulhouse
- à la clientèle privée du Docteur Paul MEYER DE Strasbourg.

Ces sujets sont groupés en différentes catégories :

- 118 cas exempts de toute atteinte cardiaque
- 50 cas présentant une cardiopathie

- REPARTITION DES SUJETS SELON L'AGE -

AGE	SUJETS SAINS		SUJETS PATHOLOGIQUES	
SEXE	HOMMES	FEMMES	HOMMES	FEMMES
ADOLESCENTS	12	6	1	1
ADULTES	54	34	28	12
PLUS DE 60 ANS	4	8	3	5

RESULTATS DE NOS MESURES

a)- Sujets à coeur sain

A G E	SEXE	Limites Physiologiques de variation de volume cardiaque selon la surf. corporelle du sujet	INDEX CARD. en cc par m2
ADOLESCENTS	Masculin	entre 290 et 480 cc	256
	Féminin	entre 250 et 400 cc	251
ADULTES	Masculin	entre 410 et 775 cc	$332 \pm 10\%$
	Féminin	entre 340 et 640 cc	$299 \pm 10\%$
SUJETS DE US DE 60 ANS	Masculin	entre 500 et 660 cc	321
	Féminin	entre 340 et 690 cc	297

Quant à l'erreur que nous évaluons à 10%, elle serait éventuellement d  e à la délimitation et à la mesure du bord inférieur du coeur en position de face et au bord antérieur en position de profil.

Nous avons d'ailleurs expliqué précedemment cette difficulté de mesure chez certains sujets et les moyens dont il fallait alors procéder.

Ainsi donc l'index cardiaque est une valeur fixe qui se chiffre comme nous l'avons dit à 330 cc / m2 chez l'adulte normal masculin.

Il n'en est pas de même du volume cardiaque proprement dit qui est variable avec la taille, le poids et d'une manière générale avec la corpulence du sujet.

En utilisant nos mesures statistiques nous proposons les chiffres volumétriques suivants :

- Volume cardiaque chez les Adultes normaux basé -
sur un index volumétrique de 330 cc

Taille en mètres	Poids en Kgs	Surface cutanée en m2	Volume cardiaque en cc	Mesures cardiaques l. b. s. en cc
I,50	47	I,40	460	I2 - 8,5 - 10
I,55	52	I,50	490	
I,60	57	I,60	530	
I,65	62	I,70	560	I3 - 9 - 10
I,70	66	I,80	595	
I,75	70	I,85	610	
I,80	75	I,95	645	I3,5- 9 - 10,5
I,85	80	2,00	660	I3,5- 9 - 11

b)- Sujets porteurs d'une cardiopathie

Dans ce cas, il n'est évidemment pas possible de donner un index cardiaque moyen, celui-ci étant fonction de la cardiopathie en cause.

Ce volume variait chez nos sujets entre 250 et 2.500 cc avec un index cardiaque pouvant atteindre 1500 cc par m2.

Les cardiopathies étudiées étaient diverses avec en particulier : hypertension artérielle, insuffisance cardiaque, valvulopathies, myocardites, cardiopathies congénitales.

Et dans certains cas, nous avons trouvé dans la mesure du volume cardiaque un auxiliaire précieux pour le dépistage pour certaines cardiopathies, pour apprécier l'effet d'un traitement tonicardiaque chez l'insuffisant cardiaque par la diminution du volume cardiaque qu'il entraîne.

A ce propos nous citons les cas de trois de nos malades dont l'un est particulièrement éloquent :

	En phase d'asystolie	Après recompensation
1/ Ber... J.	9 5 0 cc	7 8 0 cc
2/ Wil... R.	2 .5 0 0 cc	I .7 5 0 cc
3/ Mar... E.	I . 50 0 cc	I .I 5 0 cc

2°/- Etude comparative de la méthode orthodiagraphique et téléradiographique

Après avoir montré la valeur indiscutable de la méthode téléradiographique, nous nous sommes proposé précédemment de l'utiliser à titre de référence pour établir la validité de nos mesures.

Chez 10 de nos sujets, nous avons calculé le volume cardiaque par orthodiagraphie puis par téléradiographie.

Pour le calcul du volume téléradiographique, nous avons utilisé la formule de BROUSTET ET FONTANILLE que nous considérons comme parfaitement valable (BROUSTET et FONTANILLE tirent leur conclusions d'un travail portant sur 61 cas, après comparaison avec le volume tomographique pris comme référence)

$$V = 0,40 \text{ l} \cdot b \cdot s$$

Cependant afin de limiter au minimum la marge d'erreur possible, nous avons, à l'instar des auteurs allemands reporté à 2 mètres la distance coeur-film, pour le cliché de face comme pour le cliché de profil (BROUSTET ET FONTANILLE utilisaient pour leurs mesures 1,80 m et 1,50 m)

RESULTATS OBTENUS

Nous avons choisi cinq sujets à coeur sain et cinq sujets porteurs d'une cardiopathie.

NOMS	AGE ans	PCIDS Kgs	TAILLE m	SURF m2	VOLUME cc		INDEX CARD cc/m2	
					Ortho	Tél	Orth.	Télé
1/-LAHR...	34	65	1,65	1,70	540	550	317	320
2/-BOUK...	35	80	1,75	1,95	650	677	333	347
3/-MAR...	51	71	1,78	1,88	560	580	290	308
4/-BOU...	26	60	1,70	1,70	468	475	275	279
5/CRES...	14	55	1,60	1,55	540	540	360	360
1/-ZOU... hyp.card.	48	70	1,76	1,85	780	806	413	435
2/-GUN... ins.card grave	57	68	1,62	1,73	2180	2268	1260	1310
3/-KUN... ins.V.G.	52	69	1,77	1,80	900	915	500	510
4/-SCH... ins.V.D.	61	65	1,67	1,60	693	720	433	450
5/-CON... coeur P.C	40	75	1,68	1,85	765	780	413	428

Nous constatons donc une concordance entre le volume téléradiographique et le volume calculé par la méthode orthodiagraphique que nous proposons.

La téléradiographie donne certes des chiffres légèrement supérieurs.

En effet, HAMMER en mesurant le diamètre transversal du coeur chez de jeunes soldats normaux par orthodiagraphie et après téléradiographie à 2 mètres de distance, trouve des chiffres constamment plus élevés en téléradiographie.

<u>Taille des sujets</u>	<u>Orthodiagramme</u> <u>assis</u>	<u>Téléradiographie</u> <u>à 2 m. de distance</u>
I54 - I60 cm	I2,3 cm	I2,8 cm
I60 - I65 cm	I2,8 cm	I3,7 cm
I65 - I70 cm	I2,8 cm	I3,3 cm
I70 - I75 cm	I2,9 cm	I3,4 cm
I75 - I80 cm	I2,8 cm	I3,7 cm
I80 - I85 cm	I3,0 cm	I4,0 cm

Poids des sujets

50 - 55 Kgs	I2,0 cm	I2,I cm
55 - 60 Kgs	I2,I cm	I3,I cm
60 - 65 Kgs	I2,7 cm	I3,0 cm
65 - 70 Kgs	I2,9 cm	I3,I cm
70 - 75 Kgs	I3,2 cm	I4,9 cm
75 - 80 Kgs	I3,5 cm	I4,I cm

L'écart entre les chiffres orthodia -
graphique et téléradiographique est évidemment dû à la diver-
gence des rayons qui induit une augmentation fictive du volu-
me cardiaque.

Cette divergence joue d'ailleurs un
rôle d'autant plus important que la masse cardiaque est plus
grande.

L'écart augmente donc avec le volume
cardiaque. Et dans les coeurs fortement hypertrophies l'erreur
dans la mesure téléradiographique du volume cardiaque peut
parfois être assez appréciable.

A l'inverse, nous avons un cas (sujet No 5 des sujets à coeur sain) où le volume téléradiographique est rigoureusement égal au volume orthodiagraphique. Il s'agit d'un sujet jeune et mince chez qui l'épaisseur thoracique est minime, donc chez qui le coefficient d'agrandissement utilisé en téléradiographie est idéal.

Ces quelques constatations confirment la rigueur du procédé que nous avons étudié.

3°/- RESULTATS ANTERIEUREMENT PUBLIES

Etude comparative

Dans ce chapitre, nous nous proposons de comparer les différents résultats relevés dans la littérature et les chiffres trouvés par notre formule et qui sont, rappelons-le, les suivants :

INDEX CARDIAQUE

- 330 cc / m² chez l'homme
- 300 cc / m² chez la femme

VOLUME CARDIAQUE (en moyenne)

- 600 cc chez l'homme
- 500 cc chez la femme

A - KAHLSTORF, en 1932 utilisant la formule orthodiagraphique : $V = 0,63 F \cdot s$ obtient pour le volume cardiaque les chiffres de 610 cc chez l'homme et 465 cc chez la femme.

Ces résultats sont parfaitement superposables aux nôtres.

B - Vers 1939, les méthodes téléradiographiques sont alors bien codifiées et les appareils radiologiques perfectionnés. Les valeurs admises étaient les suivantes :

1/- Pour LYSHOLM, NYLIN, QUARNA

$V = 0,39$ l. b. s, l'index cardiaque pour l'homme normal est de 349 cc / m².

2/- Pour JONSELL, $V = 0,42$ l. b. s

l'index cardiaque varie entre 250 et 450 cc / m² soit en moyenne 350 cc / m².

3/- LUDWIG, par sa formule du rectangle cardiaque : $V = 0,47$ l. b. s, admet chez l'homme normal un volume moyen de 566 cc.

4/- LILLJESTRAND, LYSHOLM, ZACCHRISSON,

$V = 0,39$ l. b. s, trouve chez l'homme normal un index cardiaque variant entre 250 et 290 cc par m², soit en moyenne 370 cc/m².

5/- Il en est de même pour COMEAU et WHITE pour qui l'index cardiaque est de 350 cc chez l'homme, un peu moins chez la femme.

Nous ne pouvons que constater l'extrême similitude entre nos chiffres et les résultats téléradiographiques relevés dans la littérature.

Certes, quelques résultats sont un peu plus élevés que les nôtres, mais il ne faut pas oublier que ces auteurs pratiquaient leurs clichés à une distance de 1,80 m et 1,50 m et parfois moins.

Leurs résultats se seraient certainement rapprochés des nôtres, si, pour diminuer la divergence des rayons, ils avaient utilisé la distance de 2 mètres pour le cliché de face comme celui de profil. De plus si comme la plupart des auteurs, nous admettons comme normale une erreur pouvant aller jusqu'à 10%, la différence ne se retrouve pratiquement plus.

C- Vers 1949 et jusqu'en 1958, les auteurs allemands avec RHUDE, MUSHOFF, REINDELL, KLEPSIG et FRISCH utilisant la formule $V = 0,40 \text{ l.b.s}$ pratiquent leurs téléradiographies à 2 mètres de distances. Cependant le sujet est en position couchée. Ils obtiennent chez le sujet normal les chiffres suivants :

	HOMME	FEMME
Volume cardiaque	725 cc	560 cc
Index cardiaque	420 cc/m ²	337 cc/m ²

Nous avons déjà souligné dans un chapitre précédent l'important écart (allant jusqu'à 40% existant entre la position debout et couchée. Nous ne pouvons donc comparer les chiffres avancés par les auteurs allemands aux nôtres.

Par contre KLEPSIG et FRISCH mesurant chez un sujet le volume en position debout, puis en position couchée constatent évidemment la nette différence entre ces deux méthodes, mais ce qui est plus intéressant, c'est que leurs résultats en position debout se superposent parfaitement aux nôtres.

Il s'agit d'un homme de 48 ans, à coeur normal

	VOLUME	INDEX
Position couchée	800 cc	435 cc/m2
Position debout	<u>580 cc</u>	<u>315 cc/m2</u>

D/- BROUSTET ET FONTANILLE (1961) ont étudié le volume cardiaque normal chez 9 sujets. Utilisant la méthode tomographique, ils adoptent comme valeur normale chez l'homme un index variant entre 350 et 450 cc/m2. Nous considérons que ces chiffres sont un peu élevés. En effet, la mesure du volume tomographique s'effectue chez des sujets en position assise, cette position favorisant l'étalement du coeur, donc augmentant son volume, à un degré moindre certes que la position couchée.

D'ailleurs, chez ces mêmes sujets, mais en position debout, BROUSTET ET FONTANILLE calculent le volume téléradiographique par la formule de ROHRER, KAHLSTORF et LIND : $V = 0,37 \text{ l. b. s}$ et LILLJESTRANDS : $V = 0,39 \text{ l. b. s.}$

Ils obtiennent les chiffres suivants:

	VOLUME	INDEX
ROHRER, KAHLSTORF & LIND	570 cc	320 cc/m2
LILLJESTRAND	603 cc	336 cc/m2

Donc ici aussi, nos constatations sont voisines et notre technique de mesure du volume cardiaque est parfaitement valable.

- R E S U M E -

ooOoo

Après avoir décrit l'historique et les différentes techniques de mesures de volume cardiaque, nous avons exposé notre formule personnelle, dérivée de celle de ROHRER & KAHLSTORF, et qui est la suivante :

$$V = \frac{l \cdot b \cdot s}{2}$$

l : diamètre longitudinal

b : diamètre basal

s : diamètre sagital

mesurées par orthodiagraphie.

L'index volumétrique calculée par notre formule se chiffre à :

330 cc/m² - 10% chez l'homme adulte

300 cc/m² ± 10% chez la femme adulte

De plus il ressort de notre travail que la détermination du volume cardiaque par la formule géométrique simplifiée que nous proposons paraît légitime et valable, son exactitude est aisément démontrée après étude comparative et concordance avec les résultats antérieurement publiés.

En outre, elle remplit les exigences de la pratique en raison de sa simplicité, de la facilité et de la rapidité de son exécution.

Il est inutile de dire quel intérêt tant pratique que théorique les cardiologues trouveraient à connaître le volume du coeur, car il conserve sous une forme chiffrée une donnée fondamentale de tout bilan cardiaque qu'il est facile de comparer à des résultats ultérieurs pour suivre l'évolution d'une cardiopathie, la réduction d'une asystolie, le succès d'une intervention cardiaque.

En dehors de son intérêt évolutif et pronostic, la mesure du volume cardiaque trouve aussi sa place dans bon nombre de cardiopathie. A tous ces titres elle mérite de prendre largement place dans l'exploration courante du cardiaque.

Or, il se trouve que cette mesure n'est pas encore entrée dans la pratique cardiologique habituelle. L'explication de ce retard peut se trouver dans la difficulté du choix entre plusieurs méthodes, dans la difficulté des techniques minutieuses, parfois longues et coûteuses et dans la nécessité de calculs mathématiques si souvent rébarbatif aux yeux des médecins.

La formule géométrique simplifiée que nous proposons est d'une part la plus économique sur le plan technique, d'autre part sa précision est largement suffisante pour l'appréciation d'un phénomène biologique.

Il nous paraît préférable, au lieu de parler de "gros" ou de "petits" coeurs de pouvoir donner un chiffre qui, rapporté à la surface corporelle

prend aussitôt une signification précise.

Ainsi donc, le volume cardiaque qui ne nécessite qu'un appareillage scopique simple à tube mobile, se calcule très rapidement et peut devenir un examen de routine.

oooo8oooo

C O N C L U S I O N S

-

1)- Le but de notre travail a été de tenter d'exprimer le volume cardiaque de la manière la plus simple possible.

2)- La formule proposée :
$$V = \frac{1. b. s.}{2}$$

permet d'obtenir pour l'index cardiaque les chiffres de :

- 330 cc/m² chez l'homme
- 300 cc/m² chez la femme

3)- Les chiffres obtenus par la méthode étudiée sont parfaitement superposables aux résultats antérieurement publiés, et notamment à ceux calculés par la méthode tomographique, compte tenu des corrections à apporter et qui sont fonction de cette technique.

4)- La formule proposée a l'avantage de ne nécessiter ni manipulation, ni appareillage compliqué, et, surtout, elle se calcule en quelques minutes.

VU

Strasbourg, le 23 SEPTEMBRE 1968

Le Président de Thèse

Signé : J. STAHI

VU ET APPROUVE

Strasbourg, le 23 Septembre 1968

LE DOYEN DE LA FACULTE DE MEDECINE

Signé : J. CIAVERT

B I B L I O G R A P H I E

---oOo---

I - BERGSTROM K. & COLL

A study of formulae and methods for
détermination od the heart volume.
Acta Soc. Med.Upsal. 70, 279 - 286, 1965

2 - BROUSTET P. & WANGERMEZ Ch.

Etude comparative des résultats des
mesures du volume cardiaque par la
méthode stratigraphique axiale trans-
verse et les méthodes géométriques et
téléradiographiques.
Jour. de Rad. & d'Elec. 1960, 41, 417-431

3 - BROUSTET P., WANGERMEZ Ch., GUILLON R., BRICAUD H.

Mesure du volume cardiaque par la
tomographie axiale.
Archives Mal. Coeur et vais. 1953, 46,
143 - 147.

4 - BRUCHNER H. CRIESE M.

Délimitation du volume cardiaque et
modélation cardiaque. Méthode actuelle
et nouvelle méthode pour la pratique
clinique de routine.
Arch. Kreisl. Forsch. 1960, 32, 292.

5 - CHATTON P., PELISSIER M., BAYON P., TEMPLE J.P.,
COLLIN R.

La tomographie simultannée dans l'explo-
ration cardio-vasculaire.
Journ. de Radiol. et d'Elec. 1956, 37, 444-48

6 - CIGNOLINI P.

Lo studio radiologica della volumetria cardiaca : proposto di un nuovo metodo et suo controllo anatomico.
Cuore e circola. 1928, 12, 405-420

7 - COMEAU W.P. & WHITE F.D.

An evaluation of heart volume, determination by the ROHRER-KAHLSTORF formula as a clinical method of measuring heart size.
Am. Hert J. 1939, 17, 158-168

8 - DUHAMEL J., MARTIN P.L., GUILLON M., BROUSSIN J.

La méthode tomographique dans la mesure du volume d'un viscère plein. Application au coeur.
Acta. radiologica 1954, 41, 377-392

9- EVANS D.W. & COLL.

Errors involved in radiological heart volume determination by the ellipsoid. Approximation technique.
Brit. Heart J. 27, Mai 1965, 429-439

10- FONTANILLE P.

La mesure du volume du coeur chez les cardiaques à l'aide des techniques radiologiques.
Biol. Med. 50, Sept-Oct, 1961 424-495

11- FRIEDMANN G., FRIEDMANN & COLL.

Abaque pour calculer le volume du coeur.
Cor. Vasa. 7, 1965, 150-155

I2 - GIORDANO G.

Nuovi contributi critici e sperimentali
allo studio clinico del volume del cuore
Riv. Radiol. et Fis. Med. 1930, 2, 26-48

I3 - HAMMER G.

Die Röntgenologischen Methoden der
Herzgrößenbestimmung.
Forts Roentg. Hambourg 1918, 25, 510-40

I4 - HEIM DE, BALSAC R.

L'anatomie radiologique du coeur et des
gros vaisseaux et les mensurations
cardiaques et vasculaires.
Fracastoro 58, Nov-Dec, 65, 410-418

I5 - HOL R., THALBERG B.

Normogramme for estimation of the heart
volume.
Acta Rad. 1955, 43, 120-124

I6 - JONSELL S.

A method for the determination of the
heart size by teleroentgenographie
(a heart volume index).
Acta Rad. 1939, 20, 325-340

I7 - KEATS T.E. & COLL.

Cardiac mensuration by the cardiac
volume method.
Radiology 85, Nov. 1965, 850-855

I8 - KLEPZIG H., et FRISCH P.

Roentgenologische Herzvolumenbestimmung
in Klinik und Praxis.
Geor Thiem Verlag-Stuttgart

18 - LILLJESTRAND G., LYSHOLM E., NYLIN G., ZAKKRISSEN G.G.

The normal heart volume in man
Am. Heart J., 1939, 17, 406-415

19 - MAUREA G., NYLIN G., SOLLEBERGER A.

Il volume cardiaco normale
Atti. Socc. Ital. Cardio. 1956, I, 372-375

20 - MUSHOFF K.

Le volume cardiaque; étude du débit
cardiaque et de la différence artério-
veineuse au repos et au cours du travail;
leur rapport avec le volume du coeur.
Acta Card. Bruxelles 1959, 14, 427-452

21 - PALMIERI G.G.

Ortodiagrafia e cardiovolumetria
sperimentale et clinico.
Gio. Clin. Med. 1920, I, 146

22 - PANICHI S., BONECHI I.

Studio radiologica del volume cardiaco
nel sogetto normale.
La radiologica medica 1956, 54, 249-260

23 - POPPI A.

Etat actuel des moyens d'appréciation
des dimensions et de la morphologie du
coeur en clinique.
Act. Card. Angeiol. 12 Oct 6 1963, 273-280

24 - VACAREANU N., FRIEDMANN G.

L'intégration de quelques formules pour
calculer le volume du coeur.-
Cor. Vasa 7, 1965, 150-155
